

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

**ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ**

**Методические указания  
к выполнению лабораторной работы по дисциплине  
«Электротехнологические промышленные установки»  
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»**

Курган 2008

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Электротехнологические промышленные установки»  
(специальность 140211)

Составили: канд. техн. наук, доцент В.И. Дудоров  
канд. техн. наук, доцент В.А. Савельев

Утверждены на заседании кафедры «26» ноября 2008 г.

Рекомендованы методическим советом университета  
«27» ноября 2008 г.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА

Цель работы: Изучение способа неразъемного соединения деталей электрической контактной сваркой, ее технологии и оборудования.

### ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ПРИБОРЫ

- 1 Контактная точечная машина
- 2 Штангенциркуль, микрометр
- 3 Электросекундомер или счетчик импульсов
- 4 Прибор для измерения сварочного тока (АСТ-2)
- 5 Заготовки для сварки
- 6 Машина для испытания на разрыв

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Контактная сварка – процесс соединения деталей нагревом их в месте контакта до пластического или жидкого состояния с одновременным или последующим сильным сжатием (осадкой).

Контактная сварка – один из высокопроизводительных способов сварки, легко поддается механизации и автоматизации, широко применяется в машиностроении – на заводах автомобильной, авиационной промышленности, в приборостроении, строительных и других отраслях.

По форме свариваемого соединения, определяющего тип сварочной машины, контактную сварку разделяют на стыковую, точечную и роликовую. При всех видах контактной сварки металл нагревается за счет выделения тепла при прохождении электрического тока по свариваемым деталям. Количество выделяющего при этом тепла определяется известным законом Джоуля –Ленца:

$$Q=0,24J^2Rt,$$

где  $J$  – сварочный ток, А;

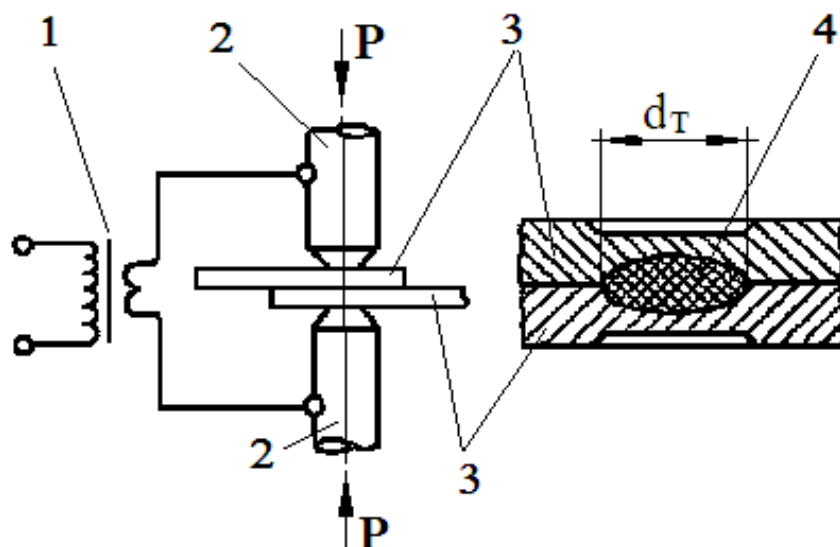
$R$  – сумма сопротивлений отдельных участков цепи, Ом;

$t$  – время протекания тока, с.

Особенностью контактной сварки является применение кратковременных (доли секунды) импульсов сварочного тока большой силы до  $100\text{К}\cdot\text{А}$  напряжением  $0,3 - 10\text{ В}$ .

Контактной точечной сваркой называют способ получения неразъемных соединений в отдельных местах (точках) с помощью местного нагрева и создания определенного давления в этих местах.

Для получения точечной сварки (рисунок 1) заготовки, собранные в нахлестку, устанавливают друг с другом. Включают ток, который от сварочного трансформатора 1 через медные водоохлаждаемые электроды 2, подводится к сварочным заготовкам 3.



1 – сварочный трансформатор; 2 – электроды; 3 – свариваемые заготовки; 4 – сварочная точка; P – давление, приложенное к электродам;  $d_T$  - диаметр сварочной точки

Рисунок – 1 Схема процесса электрической контактной точечной сварки

При прохождении тока заготовки нагреваются особенно интенсивно в зоне контакта между электродами. Ток выключают при образовании в зоне сварки расплавленного ядра. Заготовки кратковременно выдерживают между электродами под действием усилия сжатия, для кристаллизации жидкого металла и охлаждения его в зоне сварки.

## ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Точечную сварку применяют для сварки листовых заготовок одинаковой и разной толщины, пересекающихся стержней, листовых заготовок с уголками, швеллерами и т.п.

Точечная сварка применяется для соединения заготовок из сталей различных марок – углеродистых и легированных, из цветных металлов - алюминия, магния, цинка, титана и из сплавов толщиной от 0,1 – 10 мм.

Технологический процесс точечной сварки включает следующие операции: правку, очистку поверхности, сборку деталей.

Правку применяют для устранения местных неровностей, чтобы в местах сварки не возникло зазоров. Поверхности деталей в местах сварки с двух сторон защищают от ржавчины, окалины, масла и других загрязнений до чистого металла.

Зачистку производят механическими и химическими способами. При механических способах используют абразивные шкурки, круги, металлические щетки. При химических способах применяют протирку растворителями,

травлением в растворах серной, ортофосфорной кислот, нейтрализацией в щелочной ванне, промывкой водой и сушкой горячим воздухом.

## МАШИНЫ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Машины для точечной сварки могут быть механизированными и автоматическими. В автоматическом включение и выключение тока производится при помощи специальных механических электромагнитных или ионных прерывателей.

Машины разделяют на стационарные и переносные. Стационарные машины бывают одно- и многоточечными. В последних одновременно сваривают до 50 точек при производительности до 200 точек в минуту.

Кроме стационарных точечных машин с педальным приводом (таблица 1) и механизированным приводом (таблица 2) используются подвесные однотоочечные сварочные клещи, удобные для сварки крупногабаритных изделий, перемещение которых в зажиме одной машины невозможно или нецелесообразно.

Таблица 1 – Техническая характеристика точечных машин с педальным приводом

Показатель	Марка			
	АТП-25	АТА-40-8	АТП-50	АТП-75
Номинальная мощность, КВ·А	25	40	50	75
Напряжение питающей сети, В	220, 380	220, 380	220, 380	220, 380
Номинальный сварочный ток, А	9000	9500	11500	14000
соответственно при ПВ, %	20	12,5	12,5	12,5
Максимальные:				
толщина сварных деталей из низкоуглеродистой стали, мм	3+3	2+2	4+4	5+5
диаметр стержней при крестовом соединении, мм	12+12	8+8	16+16	20+20
усилие сжатия электродов, Н	1550	2500	2500	3500
полезный вылет электродов, мм	250	360	350	350
Габарит, мм				
длина	980	1040	1025	1025
ширина	460	490	635	635
высота	1110	1750	1290	1290
Масса, кг	225	720	450	500

Таблица 2 – Техническая характеристика точечных машин с механизированным приводом

Марка	Номинальная мощность, кв.А	Напряжение питающей сети, В	Сварочный ток, КА	Режим работы ПВ, %	Толщина свариваемых изделий, мм	Максимальное усилие сжатия электродов, Н	Полезный вылет электро-дов, мм	Число сварок		Габарит, мм	Масса, кг	Назначение					
								в 1 с	в 1 мин								
МТ-501 (взамен АТП-5)	9,2	220/380	5	20	От 0,2+0,2 до 1+1	100	250	2,5	150	830×452×1237	210	Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали					
								2,5	150								
МТ-601 (взамен АТП-10)	14,2	220/380	6,3	20	От 0,2+0,2 до 2+2	200	250	2,5	150	830×452×1237	215		Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали				
								2,5	150								
МТ-809 (взамен МТПР-25)	20	380	8		От 0,2+0,2 до 3+3	300	200-315	2,5	150	1083×410×14007	325			Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали			
								1	50								
МТП-50	50	380	10	-	От 2+2 до 5+5	200	350	1	50	-	-				Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали		
								2,5	150								
МТ-1209 (взамен МТПР-50)	50	380	12,5	-	От 0,5+0,5 до 4+4	500	250-420	2,5	150	1230×380×1538	440					Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали	
								3	200								
МТ-1207 (взамен МТП-75-13)	54	220/380	12,5	20	От 1,6+1,6 до 5+5	500	500	2,5	150	1400×450×1820	435						Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали
								2,5	150								
МТ-1609 (взамен МТПР-75)	85	380	16	20	От 0,5+0,5 до 5+5	630	350-600	2,5	150	1340×430×1574	540						
								6	350								
МТ-1605	86	380	16	20	От 0,8+0,8 до 2,5+2,5	630	500	6	350	1400×450×1820	450	Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали					

## УСТРОЙСТВО И РАБОТА СВАРОЧНОЙ ТОЧЕЧНОЙ МАШИНЫ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПРИВОДОМ МТ-601

Точечная сварочная (рисунок 2) состоит из корпуса 4 и механизма сжатия электродов. Корпус выполнен из двух стоек, скрепленных спереди кронштейном. К кронштейну с помощью контактной латунной колодки прикреплена нижняя токоведущая консоль 6. Верхняя токоведущая консоль 9 прикреплена к верхнему рычагу 12 механизма сжатия электродов.

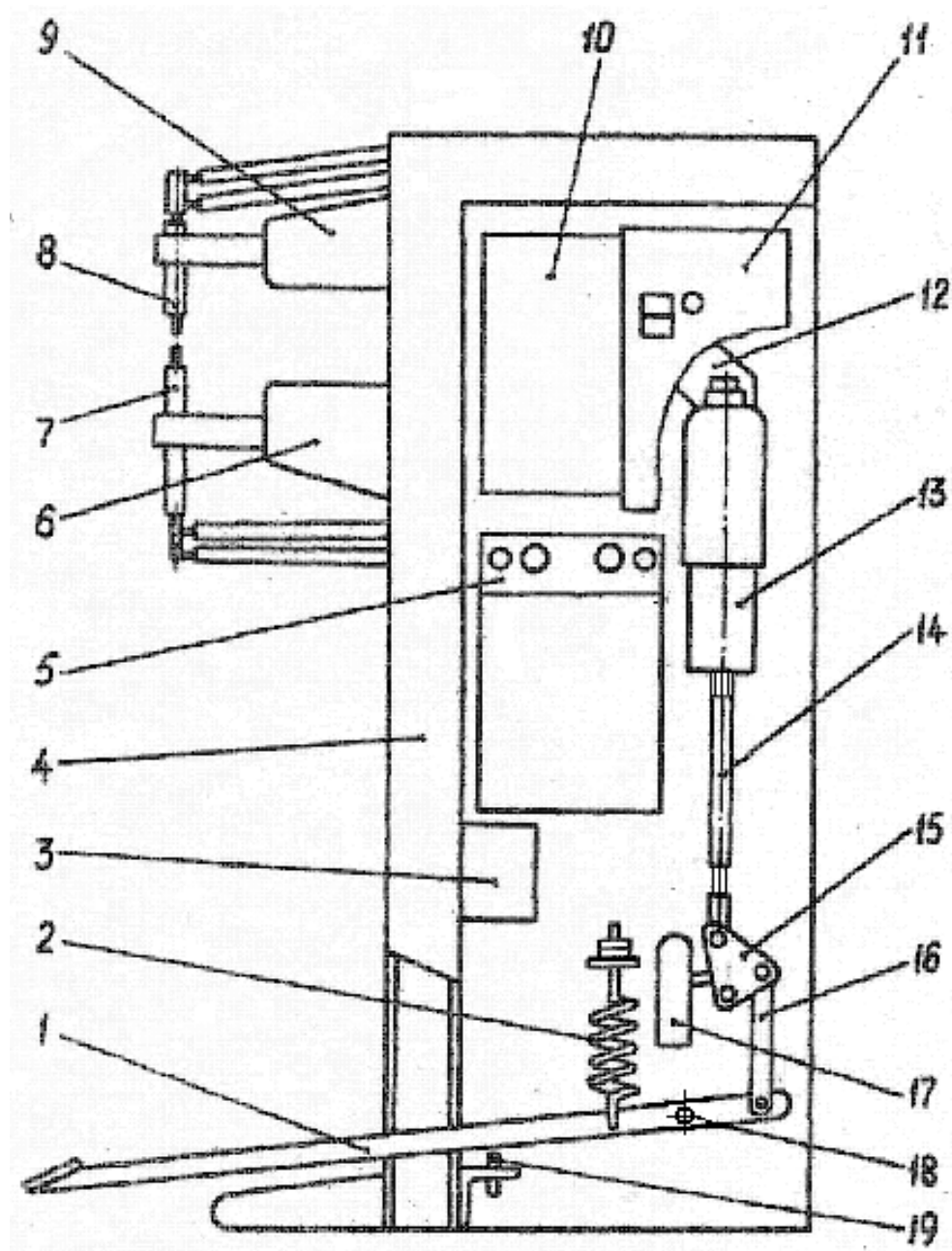


Рисунок 2 – Схема устройства точечной сварочной машины МТ-601

В механизм сжатия электродов кроме верхнего рычага 12 входит тяга 14, которая соединена с ним через стакан 13 и расположенную в стакане пружину; треугольный рычаг 15, промежуточная тяга 16 и педаль 1. Рабочий ход педали ограничивается упором 19, который ввинчен в угольник, приваренный к стойке корпуса машины. Для возвращения педали в исходное положение служит возвратная пружина 2, один конец которой соединен с регулировочным винтом, а другой – с отверстием в рычаге педали.

При нажатии сварщиком на педаль она поворачивается относительно оси 18 и через промежуточную тягу 14 перемещает вниз верхний электрод 8.

В электрическую часть машины входят: верхний 8 и нижний 7 электроды; источник тока 10; медные шины, через которые сварочный ток подводится от источника к электродам; переключатель ступеней 11, при помощи которого можно регулировать электрическую мощность в зоне сварки. Для регулирования длительности протекания тока и выдержек времени «Сварка» и «Пауза» используются реле.

Электроды служат для передачи давления, необходимого для сжатия деталей в процессе сварки, подвода электрического тока к свариваемому изделию и для отвода тепла от сварной точки в момент кристаллизации металла. Электроды для точечной сварки изготавливают из сплавов меди с кадмием (кадмиевая бронза), меди с хромом и кадмием, меди с цинком и кадмием.

В качестве источника тока в машине используется однофазный сварочный трансформатор, вторичная обмотка которого охлаждается водой.

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТОЧЕЧНОЙ СВАРОЧНОЙ МАШИНЫ Мт-601

Номинальный сварочный ток, кА	6,3
Номинальная первичная мощность, кВА	14,2
Первичное напряжение, В	220/380
Номинальный первичный ток, А	64,6/36,4
Номинальный режим работы ПВ, %	20
Толщина сварочных деталей, мм	от 0,2 +0,2 до 2+2
Номинальная толщина сварочных деталей, мм	0,8+0,8
Максимальный темп работы, сварок/мин.	150
Число ступеней регулирования	8
Максимальная ступень регулирования	7-я
Вторичное напряжение холостого хода, В	1,25÷2,5
Максимальное усилие сжатия электрода, кгс	200
Привод сжатия электродов	педальный
Ход верхнего электрода	радиальный
Вылет хоботов, мм	+25



Раствор хоботов, мм:	
номинальный .....	150
Максимальный рабочий ход, мм .....	250
Расход охлаждающей воды, л/ч .....	300
Габаритные размеры, мм .....	425×830×1237
Вес, кг .....	215

## ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ТОЧЕЧНОЙ СВАРОЧНОЙ МАШИНЕ

- 1 Запрещается работать на машине, не ознакомившись с устройством и назначением ее узлов.
- 2 Запрещается переключать ступени трансформатора при нахождении машины под напряжением.
- 3 Запрещается работать на машине при открытых дверцах.
- 4 Корпус машины и корпус сварочного трансформатора должны быть заземлены.
- 5 На время любого перерыва в работе машину необходимо отключить от сети.
- 6 Для защиты от ожогов искрами нужно иметь прозрачные очки, брезентовые рукавицы и фартук.

## ПОРЯДОК РАБОТЫ НА ТОЧЕЧНОЙ СВАРОЧНОЙ МАШИНЕ

- 1 Включить сетевой рубильник и водяное охлаждение машины.
- 2 Зачистить детали от грязи и окисных плен.
- 3 Сложить заготовки внахлестку.
- 4 Установить выбранный технологический режим сварки.
- 5 Сварить заготовки между собой на подобранном режиме. Для этого необходимо:
  - а) установить собранные заготовки на нижний электрод;
  - б) при помощи педали сжать заготовки между электродами;
  - в) включить сварочный ток и, не снимая усилия сжатия, сварить заготовки в одной точке;
  - г) опустить педаль и, освободив сварное изделие, передвинуть его. Повторив операции (а, б, в), сварить в следующем месте, получив таким образом ряд точек.

## ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СВАРКИ

Одним из основных условий получения качественного сварного соединения является правильный выбор параметров технологического режима сварки.

К параметрам технологического режима при электрической контактной точечной сварке относят: величину и плотность тока, время включения тока, усилие сжатия, форму и диаметр контактной поверхности электродов, время предварительного сжатия и время проковки.

Величина и плотность тока (А). С увеличением толщины свариваемых листов величина тока должна повышаться. Для сварки деталей из малоуглеродистых сталей величина тока

$$J_{св}=6500\delta,$$

где  $\delta$  – толщина свариваемого листа, мм. При сварке деталей повышенной электро- и теплопроводности плотность тока увеличивают.

Время включения тока (с) можно определить эмпирически: для нержавеющей стали  $(0,1+0,15)\delta$ , для малоуглеродистой  $(0,2+0,4)\delta$ , для закаливаемых алюминиевых сплавов типа АМг и АМц  $(0,15+0,2)\delta$ , для закаливаемых алюминиевых сплавов типа Д16, Д16Т и Д20  $(0,08+0,12)\delta$ . С увеличением толщины свариваемых заготовок  $t_{св}$  увеличивают. Занижение величины  $t_{св}$  может привести к непроварам.

Усилие сжатия (кгс) возрастает с увеличением толщины и твердости свариваемого материала. Для сварки направленных заготовок или при расположении точек вблизи элементов жесткости усилие сжатия

$$D = \delta \delta_{\sigma} \frac{\pi d_{\sigma}^2}{4},$$

где  $\delta_{\sigma}$  - удельное давление: для малоуглеродистых сталей  $10 \div 20$ , для нержавеющей сталей  $15 \div 20$ , для алюминиевых сплавов  $20 \div 25$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Форма и диаметр контактной поверхности электродов. Рабочим торцам электродов в зависимости от свариваемого материала, конфигурации свариваемых заготовок и конструкции сварочной машины придают плоскую или сферическую форму. Для сварки заготовок из сталей концам электродов придает форму с диаметром контактной поверхности  $d_{\sigma} \approx 5,5 \sqrt{\delta}$  мм (где  $\delta$  - толщина свариваемых заготовок). Для сварки заготовок из легких сплавов концам электродов придают сферическую форму с радиусом  $R \approx 50\delta$  мм.

Время предварительного сжатия  $t_{сж}$  должно быть достаточным для того, чтобы механизм сжатия успел свести электроды и развить полное сварочное давление до включения тока.

Время проковки  $t_{пр}$  определяется длительностью нахождения уже сваренной точки под сжимающим воздействием электродов. Оно должно быть

достаточным для полного затвердевания и упрочнения ядра.

Ориентировочные технологические режимы электрической контактной точечной сварки приведены в таблице 3.

## РАСЧЕТ СВАРНОЙ ТОЧКИ НА ОТРЫВ

При работе точки на отрыв расчетное напряжение

$$\delta = \frac{4F}{\pi d_{\delta}^2} \leq [\sigma'_{\delta}],$$

где  $F$  – усилие, передаваемое на одну точку при работе сварной конструкции, кгс;

$[\sigma'_{\delta}]$  – допустимое напряжение в точке при отрыве;

$$[\sigma'_{\delta}] = 0,4[\sigma]_{\delta};$$

$[\sigma]_{\delta}$  – допустимое напряжение на растяжение в основном металле: для малоуглеродистой стали  $\sim 16$ , для легированных сталей  $\sim 30$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Рассчитав  $[\sigma'_{\delta}]$  и  $d_{\delta}$ , можно из вышеприведенного выражения найти усилие  $F$  (кгс), при котором произойдет разрушение точки на отрыв.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 С помощью методического пособия ознакомиться с сущностью способа электрической контактной точечной сварки, его технологическими особенностями и методикой выбора параметров технологического режима сварки.

2 Для заданных образцов с учетом их толщины и марки металла рассчитать по приведенным в методическом пособии формулам в таблице 1 технологические режимы сварки.

3 Соблюдая порядок работы на точечной сварочной машине, сварить образцы на подобранном технологическом режиме.

4 Изменив по указанию преподавателя один из параметров режима сварки, провести повторную сварку следующей пары образцов.

5 Произвести контроль качества полученного сварного соединения на отрыв сварной точки путем испытания образцов на разрывной машине или путем расчета.

6 Заполнить таблицу 4.

7 Оформить отчет о работе по прилагаемой форме. По результатам работы сформировать выводы.

Таблица 3 – Ориентировочные технологические режимы электрической контактной точечной сварки

Толщина каждой детали	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Усилие, приложенное к электродам, кгс	Продолжительность включения сварочного тока, с	Сварочный ток, кА	Ступени трансформатора
Малоуглеродистые стали					
До 0,5	4	5÷100	0,01÷0,2	4÷2	4÷7
1,0	5	100÷250	0,02÷0,4	6÷8	5÷7
1,5	6	150÷350	0,24÷0,5	8÷12	8
2,0	8	250÷500	0,36÷0,6	9÷14	-
3,0	10	500÷800	0,6÷1,0	14÷18	-
Нержавеющие стали					
0,2	2,5	45÷90	0,02÷0,06	2÷3	2÷3
0,5	4	90÷180	0,04÷0,08	3÷4	3÷6
1,0	5	200÷400	0,10÷0,16	4,5÷6	5÷8
2,0	8	450÷700	0,20÷0,28	6÷10	8
2,5	9	600÷800	0,20÷0,30	8÷11	-
Титановые сплавы					
1,0	7,5÷10,0	250÷300	0,16÷0,20	6,0	7÷8
1,5	7,5÷10,0	350÷400	0,26÷0,30	7,5	8
2,0	10,5÷15,0	400÷500	0,30÷0,36	10,0	-
2,5	10,5÷15,0	500÷600	0,30÷0,4	12,0	-
Алюминиевые сплавы					
1,5	7,5	550÷600	0,16	38	-
2,0	10,0	650÷700	0,22	47	-
3,0	15,0	800÷850	0,30	56	-

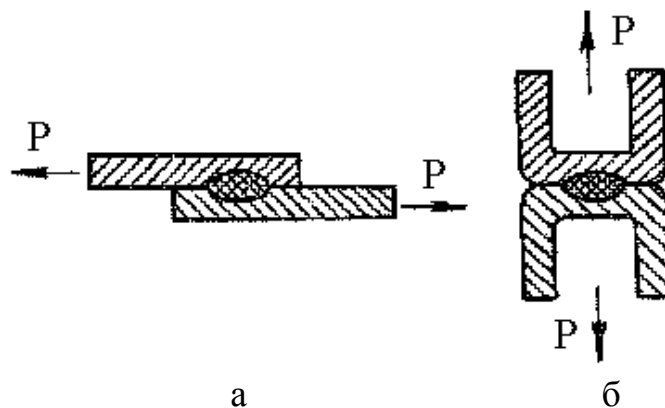
Таблица 4 – Технологические режимы электрической контактной точечной сварки и результаты испытаний

Толщина каждой детали, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Усилие, приложенное к электродам, кг	Продолжительность включения сварочного тока, с	Сварочный ток, А	Номер ступени трансформатора	Величина усилия при разрушении точки, кг

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРКИ

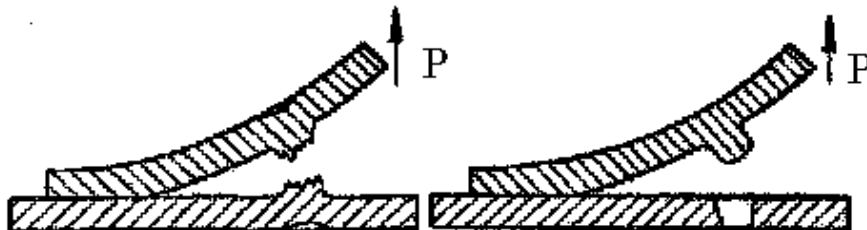
Контроль качества сварки производят внешним осмотром, выборочными механическими испытаниями на прочность, проверкой на герметичность и с использованием металлографического анализа. Внешний осмотр с помощью лупы и простых измерительных приборов позволяет проверить глубину и правильность формы отпечатка точек, наличие прожогов, трещин и других наружных дефектов.

Механическими испытаниями осуществляют текущий контроль качества сварки. Путем разрушения простейших образцов устраивают наличие и размер ядра, сравнительную прочность соединения и основного материала. Испытания производят на отрыв и на срез сварной точки (рисунок 3).



а – испытание на срез сварной точки; б – испытание на отрыв сварной точки  
Рисунок 3 – Образцы для технологического испытания на прочность сварного соединения

Сварку считают качественной, если при испытании образца на отрыв разрушение происходит по основному металлу с образованием сквозного отверстия (рисунок 4). При этом диаметр вырванной точки и величина разрушающей нагрузки должны быть не ниже заданных в технической документации на изготовление сварной конструкции. Дополнительно производят испытания образцов на срез сварной точки с целью определения разрушающей нагрузки.



а – разрушение по сварной точке (сварка некачественная);  
б – вырыв по основному металлу (сварка качественная)  
Рисунок 4 – Характер разрушений при испытании сварного соединения на отрыв сварной точки

Текущий контроль прочности изделий, полученных с использованием точечной сварки, в производстве осуществляют периодическими выборочными механическими испытаниями всего изделия или вырезанных из него образцов. Непровар определяют путем осторожного отгибания кромки соединения. При этом плохо сваренная точка или шов разрушаются. Технологическая проба на прочность шва заключается в отрыве сваренных деталей. Разрушение должно идти по основному металлу.

Рентгеновский метод контроля позволяет выявить наличие непровара лишь приближенно. Ультразвуковой метод контроля внутренних дефектов основан на отражении от дефекта ультразвуковых волн, подаваемых через призматический щуп. Преобразуясь в электрический сигнал, они могут быть зафиксированы в виде импульса на экране осциллографа.

## ФОРМА ОТЧЕТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет о лабораторной работе.

Название работы.

Цель работы, задание.

Необходимые принадлежности, оборудование и инструмент.

Порядок и методика выполнения работы: схема и описание процесса получения сварного соединения электрической контактной точечной сваркой.

Краткое описание основных узлов точечной сварочной машины МТ-601.

Расчеты режимов. Укажите, какие металлы и какой толщины свариваются точечной сваркой. Преимущества процесса, области применения.

Таблица технологического режима сварки (таблица 4).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Технология и оборудование контактной сварки /Под ред. Б.Д. Орлова – М.: Машиностроение, 1996.
- 2 Чулошников П.Л. Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1974.
- 3 Гуляев А.И. технология точечной и рельефной сварки сталей. – М.: Машиностроение, 1978.
- 4 Глебов Л.Б. и др. Расчет и конструирование машин контактной сварки. – Л.: Энергоиздат, 1981.

**Владимир Иванович Дудоров  
Виктор Андреевич Савельев**

**ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
КОНТАКТНОЙ СВАРКИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА**

**Методические указания  
к выполнению лабораторной работы по дисциплине  
«Электротехнологические промышленные установки»  
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»**

Редактор Н.А. Леготина

---

Подписано к печати  
Печать трафаретная  
Заказ

Формат 60x84 1/16  
Усл.печ.л. 1,0  
Тираж 100

Бумага тип. № 1  
Уч.-изд. л. 1,0  
Цена свободная

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.